

砷化镓共面波导内部微波信号的电光取样检测

贾 刚 衣茂斌 孙 伟 曹 杰
孙建国 王佳生 秦 莉 高鼎三

(吉林大学电子工程系 集成光电子学国家重点联合实验室吉林大学实验区 长春 130023)

摘要 本文报道了共轴反射式电光取样系统。该系统时间分辨率不低于 20ps, 空间分辨率不低于 3 μm 。用它检测了砷化镓共面波导内部的微波信号。这套系统将被应用于砷化镓高速集成电路内部特性的在片检测。

关键词 电光取样, 高速集成电路, 共面波导, 在片检测, 皮秒光脉冲

1 引言

电光取样技术最初是为了测量光电导开关和光电探测器的响应时间而发展起来的^[1,2], 因为取样示波器的时间分辨率已经不能满足测量这些器件的要求。1982 年首次报道的电光取样系统使用的是横向电光调制器, 取样方式为混合取样, 也就是必须把被测的超快电信号送到取样器才能测量。1984 年建立了直接电光取样技术, 使用的是砷化镓微带纵向电光调制器。这意味着对用砷化镓材料制成的高速集成电路不必再特意制做电光调制器, 只要把取样光束照到集成电路芯片内部适当的位置就可以直接取样。1985 年实现了砷化镓高速集成电路内部电压波形的直接取样测量。为了使电光取样技术得到广泛普遍的实际应用, 1986 年发展起用增益开关半导体激光器的电光取样系统, 并对砷化镓高速集成电路进行了直接取样测量。1987 年建立了外部电光取样技术。只要把电场敏感元件电光探头接近集成电路内部待测点, 就可以进行取样测量。尽管这时相当于给集成电路加了一个电容性负载, 但这种技术适用于非电光材料制成的集成电路, 因此 1990 年以来用增益开关半导体激光器做脉冲光源的外部电光取样系统开始发展起来^[3,4]。

直接电光取样是通过光与电场的相互作用来实现的, 对集成电路的工作状态没有任何影响, 可以对砷化镓高速集成电路芯片内部结点进行在片检测, 所以对电路的研制和生产将有重要的推动作用。共轴取样光路是目前最先进的光路, 结构紧凑, 便于调整, 空间分辨率高。我们建立了使用增益开关半导体激光器的共轴反射式直接电光取样系统。用

1993-09-14 收到, 1994-04-05 定稿

贾 刚 男, 1945 年生, 副教授, 现从事微电子与光电子技术专业教学与科研工作, 研究领域侧重高速光电子学及其在微电子技术中的应用。

衣茂斌 男, 1935 年生, 教授, 现从事光电子学研究, 侧重高速半导体光电子器件及其应用研究。

孙 伟 男, 1963 年生, 讲师, 现从事半导体高速光电子学研究。

它检测了砷化镓共面波导内部的微波信号。不久将用于检测砷化镓高速集成电路。

2 共轴反射式电光取样原理

共轴反射式直接电光取样测量系统的核心部分如图 1 所示。为了描述方便,取砷化

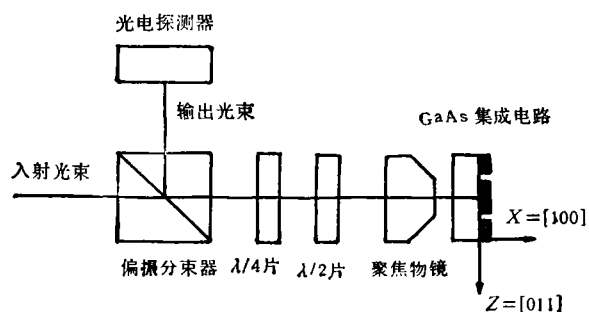


图 1 共轴反射纵向电光调制器

镓的自然解理方向 $[011]$ 晶向为 Z 方向;入射光沿 $[100]$ 晶向,取为 X 方向; $[01\bar{1}]$ 晶向垂直纸面向上,取为 Y 方向。由激光器发出的对砷化镓透明的高重复率超短脉冲列经过偏振分束器透射的为沿 Z 方向振动的线偏振光,然后经过光轴与 Z 方向成 22.5° 的四分之一波片和与 Z 方向成 33.75° 的半波片,再用显微物镜从集成电路背面把光聚焦到被

取样结点金属电极上,反射光按原路返回到达偏振分束器。如果集成电路完全不工作,没加任何电压,反射到分束器的光为与 Z 轴成 45° 的线偏振光。与 Z 轴垂直平行于 Y 方向的偏振分量被偏振分束器反射到负 Z 方向,被探测器接收,设此光强为 I_0 。当集成电路开始工作,被测结点上的电压为 V 时,由于线性电光效应,与 Z 轴成 45° 的线偏振光将稍微偏离 45° 。可以证明此时探测器接收到的光强 I 为

$$I = I_0[1 + (\pi V/V_\pi)], \quad (1)$$

其中 V_π 是砷化镓晶体的半波电压。由此可见电光调制器的输出光强的变化量直接反映了电位 V 的变化。通过测量光强的变化便可测量电位的变化。虽然这个信号很弱,但可以通过锁定放大器检测出来。这里光电探测器对于取样光脉冲是慢探测器,测得的是积

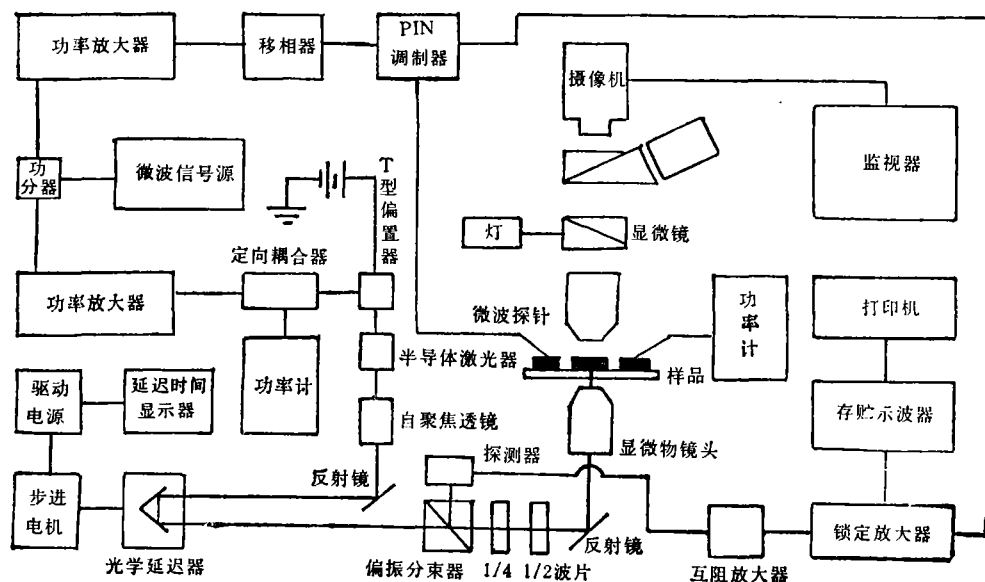


图 2 共轴反射式半导体激光电光取样系统

分信号,因此让光脉冲与待测的高速电信号产生时间延迟,便可进行时序变换取样,把高频的快速的信号变换成低频的慢速的信号进行检测。

3 电光取样系统和测试结果

建立的共轴反射式半导体激光电光取样系统如图 2 所示。增益开关半导体激光器产生的重复率与微波频率一致的超短激光脉冲,中心波长为 $1.3\mu\text{m}$,脉宽为 20ps 以下,做为取样脉冲。它的宽度基本上确定了取样系统的时间分辨率。显微物镜的聚焦光斑经过测量,半极大全带宽 (FWHM) 在 $3\mu\text{m}$ 以下,因此空间分辨率优于 $3\mu\text{m}$ 。对砷化镓高速集成电路芯片进行在片检测需要微波探针台。目前暂时用自己设计制做的砷化镓共面波导代替,因为共面波导一般是砷化镓高速集成电路的组成部分。可以用它模拟集成电路的测量,但它两端便于转换到同轴线。在系统中加入一个微波移相器是为了模拟集成电路的二维检测。显微镜、红外摄象机和显示器是为了观察和确定取样测量点的位置。

在 3GHz 的频率下测得的微波信号波形如图 3 所示。两条随时间变化有

π 位相差的曲线是在同一点测得的,相移是通过移相器产生的。这种情况等效于理想波导上相距离为 14mm 两点处的信号。也可以等效于理想倒相器的输入和输出信号。相移也可以看成时间延迟。对于高速集成电路的设计和制造,各级间的时间延迟是个重要参数,因此这个结果可以模拟砷化镓高速集成电路内部结点的直接取样测量。具备微波探针后将对砷化镓高速集成电路芯片进行在片直接电光取样测量。

4 结论

用我们建立的共轴反射式半导体激光电光取样系统测试了砷化镓共面波导内部的微波信号。试验结果表明,该系统可以对砷化镓集成电路内部结点进行在片检测,测量高速信号随时间的变化。时间分辨率优于 20ps ,空间分辨率优于 $3\mu\text{m}$ 。这种技术应用于砷化镓集成电路内部特性在片检测,将推动我国高速集成电路的研制和设计工作。

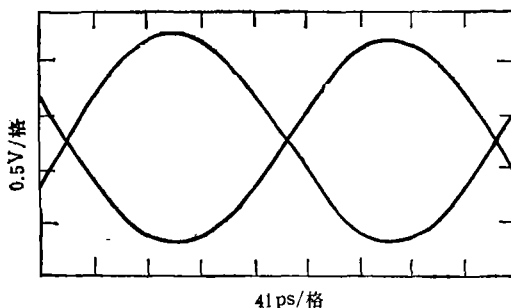


图 3 用电光取样系统测得的频率 3GHz
位相差为 π 的微波信号

参 考 文 献

- [1] Weingarten K J, Rodwell M J W, Bloom D M. IEEE J. of QE, 1988, QE-24(2): 198—220.
- [2] Weisenfeld J M. IBM J. Res. Develop., 1990, 34(2/3): 141—161.
- [3] Shinagawa M, Magatsuma T. Electron. Lett., 1990, 26(17): 1341—1343.
- [4] Nagatsuma T, Shinagawa M. Electron. Lett., 1991, 27(21): 1904—1905.

ELECTROOPTIC SIMPLING OF INTERNAL MICROWAVE SIGNALS IN GaAs COPLANAR WAVEGUIDES

Jia Gang Yi Maobin Sun Wei Cao Jie Sun Jianguo

Wang Jiasheng Qin Li Gao Dingsan

*(Department of Electronic Engineering, Jilin University, National Integrated Optoelectronic
Laboratory, Jilin University Region, Changchun 130023)*

Abstract A coaxial reflection-mode electrooptic sampling system is presented. This system has a temporal resolution less than 20 ps and a spatial resolution less than $3\mu\text{m}$. The internal microwave signals in GaAs coplanar waveguides have been probed by the system. This system will be apply to on-wafer tests of internal characters of GaAs high-speed integrated circuits.

Key words Electrooptic sampling, High-speed integrated circuits, Coplanar waveguides, On-wafer tests, Picosecond optical pulses